

高等教育安全科学与工程类系列规划教材



机械工程基础

陈德生 曹志锡 主编

陈万金 王新泉 王明贤 主审



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



免费电子课件

高等教育安全科学与工程类系列规划教材

机 械 工 程 基 础

主 编	陈德生	曹志锡	
参 编	潘浓芬	马德仲	楼飞燕
	方云中	康泉胜	
主 审	陈万金	王新泉	王明贤



机 械 工 业 出 版 社

本书是高等教育安全科学与工程类系列规划教材之一。本书主要内容有：概论、工程材料及钢的热处理、常用机构、机械传动、轴系、联接、极限与配合、液压传动、毛坯制造、金属切削加工、机器设备寿命估算和设备故障诊断技术。

本书可作为普通高等院校非机械类专业的机械工程基础教材，特别适合于作为需要了解机械设计、机械制造、机械设备质量及安全评估知识的安全、化工、土木、电子、电气等工程类和管理类专业的本科教材。本书着力对基本概念、基本过程和基本方法作深入浅出的讲授，并力求“少而精”。本书内容较全面，各章配有一定数量的复习思考题，便于学生复习和练习。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程基础/陈德生,曹志锡主编. —北京:机械工业出版社,2012.12
高等教育安全科学与工程类系列规划教材
ISBN 978-7-111-40363-0

I. ①机… II. ①陈… ②曹… III. ①机械工程-高等学校-教材
IV. ①TH

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第266532号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑:冷彬 责任编辑:冷彬 安桂芳 余晖
版式设计:霍永明 责任校对:刘怡丹
封面设计:张静 责任印制:张楠
北京圣夫亚美印刷有限公司印刷
2013年1月第1版第1次印刷
184mm×260mm·22.25印张·551千字
标准书号:ISBN 978-7-111-40363-0
定价:43.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

安全工程专业教材编审委员会

主任委员：冯长根

副主任委员：王新泉 吴 超 蒋军成

秘书长：季顺利

委员：（排名不分先后）

冯长根	王新泉	吴 超	蒋军成	季顺利	沈斐敏
钮英建	霍 然	孙 熙	王保国	王述洋	刘英学
金龙哲	张俭让	司 鹤	王凯全	董文庚	景国勋
柴建设	周长春	冷 彬			

序一

“安全工程”本科专业是在1958年建立的“工业安全技术”、“工业卫生技术”和1983年建立的“矿山通风与安全”本科专业基础上发展起来的。1984年，国家教委将“安全工程”专业作为试办专业列入普通高等学校本科专业目录之中。1998年7月6日，教育部发文颁布《普通高等学校本科专业目录》，“安全工程”本科专业（代号：081002）属于工学门类的“环境与安全类”（代号：0810）学科下的两个专业之一^①。据“高等院校安全工程专业教学指导委员会”1997年的调查结果显示，自1958~1996年年底，全国各高校累计培养安全工程专业本科生8130人。近年，安全工程本科专业得到快速发展，到2005年年底，在教育部备案的设有安全工程本科专业的高校已达75所，2005年全国安全工程专业本科招生人数近3900名。

按照《普通高等学校本科专业目录》（1998）的要求，原来已设有与“安全工程专业”相近但专业名称有差异的高校，现也大都更名为“安全工程”专业。专业名称统一后的“安全工程”专业，专业覆盖面大大拓宽。同时，随着经济社会发展对安全工程专业人才要求的更新，安全工程专业的内涵也发生很大变化，相应的专业培养目标、培养要求、主干学科、主要课程、主要实践性教学环节等都有了不同程度的变化，学生毕业后的执业身份是注册安全工程师。但是，安全工程专业的教材建设与专业的发展出现尚不适应的新情况，无法满足和适应高等教育培养人才的需要。为此，组织编写、出版一套新的安全工程专业系列教材已成为众多院校的翘首之盼。

机械工业出版社是有着50多年历史的国家级优秀出版社，在高等学校安全工程学科教学指导委员会的指导和帮助下，根据当前安全工程专业教育的发展现状，本着“大安全”的教育思想，进行了大量的调查研究工作，聘请了安全科学与工程领域一批学术造诣深、实践经验丰富的教授、专家，组织成立了“安全工程专业教材编审委员会”（以下简称“编审委”），决定组织编写“高等教育安全工程系列‘十一五’规划教材”^②。并先后于2004.8（衡阳）、2005.8（葫芦岛）、2005.12（北京）、2006.4（福州）组织召开了一系列安全工程专业本科教材建设研讨会，就安全工程专业本科教育的课程体系、课程教学内容、教材建设等问题反复进行了研讨，在总结以往教学改革、教材编写经验的基础上，以推动安全工程专业教学改革和教材建设为宗旨，进行顶层设计，制订总体规划、出版进度和编写原则，计划分期分批出版30余门课程的教材，以尽快满足全国众多院校的教学需要，以后再根据专业方向的需要逐步增补。

^① 按《普通高等学校本科专业目录》（2011版），“安全工程”本科专业（专业代码：082901）属于工学学科的“安全科学与工程”类（专业代码：0829）下的专业。

^② 自2011年10月，更名为“高等教育安全科学与工程类系列规划教材”。

由安全学原理、安全系统工程、安全人机工程学、安全管理学等课程构成的学科基础平台课程,已被安全科学与工程领域学者认可并达成共识。本套系列教材编写、出版的基本思路是,在学科基础平台上,构建支撑安全工程专业的工程学原理与由关键性的主体技术组成的专业技术平台课程体系,编写、出版系列教材来支撑这个体系。

本系列教材体系设计的原则是,重基本理论,重学科发展,理论联系实际,结合学生现状,体现人才培养要求。为保证教材的编写质量,本着“主编负责,主审把关”的原则,编审委组织专家分别对各门课程教材的编写大纲进行认真仔细的评审。教材初稿完成后又组织同行专家对书稿进行研讨,编者数易其稿,经反复推敲定稿后才最终进入出版流程。

作为一套全新的安全工程专业系列教材,其“新”主要体现在以下几点:

体系新。本套系列教材从“大安全”的专业要求出发,从整体上考虑、构建支撑安全工程学科专业技术平台的课程体系和各门课程的内容安排,按照教学改革方向要求的学时,统一协调与整合,形成一个完整的、各门课程之间有机联系的系列教材体系。

内容新。本套系列教材的突出特点是内容体系上的创新。它既注重知识的系统性、完整性,又特别注意各门学科基础平台课之间的关联,更注意后续的各门专业技术课与先修的学科基础平台课的衔接,充分考虑了安全工程学科知识体系的连贯性和各门课程教材间知识点的衔接、交叉和融合问题,努力消除相互关联课程中内容重复的现象,突出安全工程学科的工程学原理与关键性的主体技术,有利于学生的知识和技能的发展,有利于教学改革。

知识新。本套系列教材的主编大多由长期从事安全工程专业本科教学的教授担任,他们一直处于教学和科研的第一线,学术造诣深厚,教学经验丰富。在编写教材时,他们十分重视理论联系实际,注重引入新理论、新知识、新技术、新方法、新材料、新装备、新法规等理论研究、工程技术实践成果和各校教学改革的阶段性成果,充实与更新了知识点,增加了部分学科前沿方面的内容,充分体现了教材的先进性和前瞻性,以适应时代对安全工程高级专业技术人才的培育要求。本套教材中凡涉及安全生产的法律法规、技术标准、行业规范,全部采用最新颁布的版本。

安全是人类最重要和最基本的需求,是人民生命与健康的基本保障。一切生活、生产活动都源于生命的存在。如果人们失去了生命,一切都无从谈起。全世界平均每天发生约68.5万起事故,造成约2200人死亡的事实,使我们确认,安全不是别的什么,安全就是生命。安全生产是社会文明和进步的重要标志,是经济社会发展的综合反映,是落实以人为本的科学发展观的重要实践,是构建和谐社会的有力保障,是全面建设小康社会、统筹经济社会全面发展的重要内容,是实施可持续发展战略的组成部分,是各级政府履行市场监管和社会管理职能的基本任务,是企业生存、发展的基本要求。国内外实践证明,安全生产具有全局性、社会性、长期性、复杂性、科学性和规律性的特点,随着社会的不断进步,工业化进程的加快,安全生产工作的内涵发生了重大变化,它突破了时间和空间的限制,存在于人们日常生活和生产活动的全过程中,成为一个复杂多变的社会问题在安全领域的集中反映。安全问题不仅对生命个体非常重要,而且对社会稳定 and 经济发展产生重要影响。党的十六届五中全会首次提出“安全发展”的重要战略理念。

安全发展是科学发展观理论体系的重要组成部分，安全发展与构建和谐社会有着密切的内在联系，以人为本，首先就是要以人的生命为本。“安全·生命·稳定·发展”是一个良性循环。安全科技工作者在促进、保证这一良性循环中起着重要作用。安全科技人才匮乏是我国安全生产形势严峻的重要原因之一。加快培养安全科技人才也是解开安全难题的钥匙之一。

高等院校安全工程专业是培养现代安全科学技术人才的基地。我深信，本套系列教材的出版，将对我国安全工程本科教育的发展和高级安全工程专业人才的培养起到十分积极的推进作用，同时，也为安全生产领域众多实际工作者提高专业理论水平提供了学习资料。当然，由于这是第一套基于专业技术平台课程体系的教材，尽管我们的编审者、出版者夙兴夜寐，尽心竭力，但由于安全学科具有在理论上的综合性与应用上的广泛性相交叉的特性，开办安全工程专业的高等院校所依托的行业类型又涉及军工、航空、化工、石油、矿业、土木、交通、能源、环境、经济等诸多领域，安全科学与工程的应用也涉及到人类生产、生活和生存的各个方面，因此，本套系列教材依然会存在这样和那样的缺点、不足，难免挂一漏万，诚恳地希望得到有关专家、学者的关心与支持，希望选用本套教材的广大师生在使用过程中给我们多提意见和建议。谨祝本系列教材在编者、出版者、授课教师和学生的共同努力下，通过教学实践，获得进一步的完善和提高。

“嚶其鸣矣，求其友声”，高等院校安全工程专业正面临着前所未有的发展机遇，在此我们祝愿各个高校的安全工程专业越办越好，办出特色，为我国安全生产战线输送更多的优秀人才。让我们共同努力，为我国安全工程教育事业的发展作出贡献。

中国科学技术协会书记处书记[⊙]

中国职业安全健康协会副理事长

中国灾害防御协会副会长

亚洲安全工程学会主席

高等学校安全工程学科教学指导委员会副主任

安全工程专业教材编审委员会主任

北京理工大学教授、博士生导师

马长根

2006年5月

⊙ 现任中国科学技术协会副主席。

序二

当我打开李振明先生邮寄来的、由陈德生、曹志锡先生主编的《机械工程基础》厚厚书稿时，很是兴奋，喜悦之情溢于言表。这本教材是安全工程专业教材编审委员会组织编写的“机械安全”类课程的系列规划教材之一。从2006年策划组稿、主编拟纲、主审审纲，到一稿、二稿、……编审者夙兴夜寐、殚精竭虑、精益求精、数易其稿后始定稿付梓。面对这摞书稿，让笔者怎能不为之击掌而歌，于是提笔展纸，欣然为之序。

自进入21世纪以来，安全科学与工程学科蓬勃发展，呈现出一派欣欣向荣的景象。据统计，至2011年底，经教育部批准和备案的开设安全工程本科专业的普通高等学校（包括独立学院）已达133所。这些高校的安全工程专业人才培养方案（教学计划）和教育部安全科学与工程教学指导委员会制定的《安全工程专业规范》中，都设置有“机械安全”类课程，但名称鲜有一致者。有称之为“机械安全技术”、“机械安全工程”，有谓之曰“机械设备安全学”，还有名之以“起重机安全技术”或“起重机安全”等。加之，安全科学与工程学科自身在理论上的综合性与应用上的广泛性相交叉的特性，各开设安全工程专业的高校所依托的行业领域不同，所以各高校对“机械安全”知识要求的深度、广度也不同，进而导致安全工程专业的“机械安全”类课程在教学内容、教学要求上的差别。有的侧重于起重机械、压力容器、电梯等特种设备的使用、维护安全技术，有的侧重于机械加工过程中安全技术，有的侧重于机械设备的检测检测和故障诊断技术等。为了满足教学急需，部分高校编写出版了相应的教材，这些教材为安全工程专业本科教学的顺利进行，提供了支撑，但也或多或少地带有各自的专业背景；其内容体系的架构、内容的通用性、知识点的分布、基础理论的引导、引申与应用等方面都稍欠统筹规划设计，特别是与相关先修课程、后续课程内容的衔接及相互支撑关系，不够明确、清晰。

为了便于学生学习“机械安全”类课程，各个学校通常都开设有先修课“机械设计”、“机械原理”、“机械零件”等名称不同的“机械工程”类课程。但由于先修课与后续课程内容没有很好地衔接，不仅没有形成课程体系，而且课程的内容体系也没有很好地设计，使用的教材也多是采用其他非机械类专业相近课程的教材，完全没有考虑安全工程专业人才培养的实际知识背景和特殊的应用需要。

为了培养出适应经济社会发展需要的优秀的安全工程专业高级技术人才，在安全工程本科专业教育教学突破了行业限制的前提下，应重新审视过去教授“机械安全”类知识的教学目的、知识体系、课程体系、内容体系和教材建设。于是，安全工程专业教材编审委员会按学科要求，在重新认识机械安全的科学内涵的基础上，重新构建有关“机械安全”的知识体系、课程体系、内容体系，保证学生在有限的教学时间内掌握有关机械安全的基本理论

和基本技能,以便能在以后的实际工作中处理有关机械安全的技术问题与技术管理问题。为此,安全工程专业教材编审委员会按照人才培养规律和“机械安全”类知识的教学目的、教学要求,经反复研究探讨,对安全工程本科生获得“机械安全”技能训练的知识体系、课程体系、内容体系进行统一规划,决定编写系列教材予以支撑。由陈德生、曹志锡两位先生主编的《机械工程基础》是按照这个规划编写的机械安全系列教材之一。

机械在现实生活中具有相当重要的基础地位,是现代社会进行生产和服务的五大要素(人、资金、能量、材料和机械)之一。任何现代产业和工程领域都在应用机械,各个工程领域的发展都要求机械工程有与之相适应的发展,都需要机械工程提供所必需的机械。即使在我们日常生活中,也越来越多地应用各种各样的机械,这些数不清的各类机械的安全正常的工作,给我们人类的生产和生活提供了极大的便利。“机械是为人所使用的劳动工具,在这个劳动工具中,形状和尺寸适合的部分是由能经受很高压力(阻力)的材料所制成;在引入能量不断作用下,能完成适合的实际上有利的运动和动作;这些运动和动作是人们为完成技术的工艺目的所必要的。”(乌克兰/多布罗沃利斯基,1955)机械是人手的延伸,“它武装了人类,使虚弱无力的双手变得力大无穷。”(摘自英国/J·瓦特[1736~1819]的讣告)“有械于此,一日浸百畦,用力甚寡而见功多。”(《庄子·天地》)我们在享受机械之利的同时,也在承受着机械制造与运行过程中产生的负效应(危害)及其对人造成的伤害。据资料介绍,全世界发生的机械事故约占事故总数的三分之一。机械安全是人类生活、生产活动中一个非常重要的安全问题。机械事故的表现形式也是林林总总,五花八门,但也不是毫无规律可言。机械安全是一门科学,它主要研究在一定的条件下,机械在工作或在装拆、调试、运输等状况时,对操作者产生伤害的规律及其相应的技术保护措施。所以,在给安全工程专业设计的教育教学课程体系中,应设有“机械安全”类课程,使安全工程专业的学生具备分析机械系统危险因素、制订机械系统安全技术措施的能力。

从机械的生命周期来看,机械安全的研究内容包括机械制造过程中的安全问题和机械使用过程中的安全问题。

机械制造过程中的安全问题是把机械制造过程作为研究对象,针对这个对象所涉及的安全问题进行研究,以预防机械制造过程中发生各类事故为目的,即研究机械制造行业的安全问题。就机械制造的一般过程而言,任何行业机械的制造过程都不外是铸造、锻造、金属切削、焊接以及热处理等工艺过程。其中,金属切削有车、铣、磨、刨、镗等工序;机械制造过程的加工设备有传统的车床、铣床、磨床、镗床等,也有现代的数控加工设备、激光加工设备、电火花加工设备等大型设备,设备、设施种类多样,工艺流程也繁简不一;在机械制造过程中,除了需要使用金属材料、工程塑料等工程材料之外,还需要使用除锈剂、乙炔气体等多种危险化学药品。所以,机械生产制造过程的危险因素较多,涉及材料、设备、化学品等多个方面,易发生生产安全事故。因此,国内外众多学者对机械制造过程中存在的安全问题、多发易发事故的规律、预防控制事故的技术措施和管理措施等进行了研究。

机械使用过程中的安全问题是把机械本身作为研究对象,研究机械在工作或在装拆、调试、运输、保养、维修等状况时,对操作者伤害、对周围环境污染以及对机械自身损坏的规律,以预防机械使用过程中各类事故发生为目的。机械使用过程中的安全问题包括机械安全

设计,机械安全检测技术以及机械维护、保养三方面。为了保证机械使用安全,首先在机械设计时,应具有机械安全设计的思想。机械设计师在设计时应采用当代先进、成熟、可靠的机械安全技术,事先对机械系统内部可能发生的危险及事故隐患进行识别、分析和评价,然后再根据其评价结果来进行具体的结构设计,以保证所设计的机械能够安全地度过整个生命周期。

在机械投入正常运行后,应对其运行状态的安全性进行检测,即机械的安全检测技术。机械安全检测技术归纳起来主要有设备故障诊断技术和设备安全检测技术。设备故障诊断技术大体上可以分为电子和计算机技术、声音与振动测试分析技术、温度测量技术、油液分析技术、应力与应变测试技术、无损检测技术等。机械投入运行后,为了使其能长期可靠运行,避免发生各类事故,还应根据运行环境、工况对其进行保养、维护、维修工作,其中保养工作包括对机械进行润滑、防腐等方面的日常工作;维护主要是根据机械载荷变化、构件磨损等情况对有关零件进行调节;维修主要是及时更换损坏的零部件。由于机械工作状况不同,其危险程度也有所差别,其中特别危险的机械(谓之“特种机械设备”)有锅炉、压力容器、压力管道、起重机械、电梯、客运索道等。但是,机械安全并不仅局限于这些特种机械设备的安全。

因此,要使安全工程专业的学生具备分析机械系统危险因素、制订保证机械系统安全的技术措施、管理措施的能力,如没有系列相关课程支撑,仅依靠一门孤立的所谓“机械安全技术”(或其他名称)的课程是很难实现的。我们认为,无论是针对机械制造过程还是机械使用过程的机械安全,都需要有以下几个方面的知识予以支撑。

1) 工程类基础知识。如“化学”、“工程力学”、“流体力学”、“工程热力学”、“传热学”、“电工电子学”、“工程图学”、“流体机械”、“机械振动”、“材料防腐”等。这类知识属于工程基础知识,是学生必须掌握的基本知识。

2) 机械类知识。如“机械原理”、“机械零件”、“机械设计”、“机械制造工艺”、“工程材料”、“机械可靠性理论”、“机械故障诊断”等。这类知识属于机械方面的基础知识,是学生学好机械安全知识的前提保证条件。

3) 安全工程基础知识。如“安全原理”、“安全系统工程”、“安全管理”、“安全人机工程”、“安全检测技术”等。这类知识是保证学生具有分析机械系统安全性能的基本知识和技能的基础。

4) 安全工程专业知识。如“电气安全”、“火灾爆炸预防控制理论与应用”、“通风工程”、“噪声控制技术”、“特种机械设备(锅炉、压力容器等)安全技术”等。学生只有具备这些安全工程专业知识,才能具体应用机械安全知识,分析解决安全生产领域中的机械系统方面的安全问题。

5) 工程实践。如“金工实习”、“安全检测课程实验”、“机械设计课程设计”等。这些实践教学环节,一方面可以增加学生对机械装置的感官认识,另一方面可以培养学生分析机械安全性能的实践技能。

陈德生、曹志锡先生主编的《机械工程基础》就是基于安全工程专业的特点及其本科生的知识背景,为了便于学生学习上述“2) 机械类知识”而编写的教材。编者本着“少而

X 机械工程基础

精”的原则，着重能力培养的教学理念，结合多年教学经验和教学改革实践成果，设计了一个全新的《机械工程基础》课程内容体系。这个课程内容体系涵盖了机械原理、机械零件、机械设计、机械制造工艺等基本知识。在介绍机械设计知识时，主要介绍机械工作原理、结构特点及应用场合，不以机械设计理论和计算方法为重点；在介绍机械制造时，主要介绍工艺过程、加工方法及所用设备，不以工艺设计理论和质量保证为重点。全书系统性好，内容精炼，理论联系实际，深度适中，叙述简明，在突出课程所必需的基本概念、基本过程、基础理论及基本方法的前提下，适当反映学科新成就，注意到教材的先进性，教学适应性强，便于组织教学。

我十分赞赏这个由老中青优秀教师组成的教材编写班子。本教材的两位主编都毕业于国内著名高校机械工程专业，且一直在高校从事机械类、近机类课程的教学与研究工作，后来又都投身于安全科学与工程学科，从事机械安全类课程教学与机械系统安全研究工作。本教材的其他编者也都是基础理论扎实、工程实践经验丰富、长期在教学、科研第一线的老师。他们优势互补，密切合作，共同编著了这部全新的教材。

与同类教材相比，《机械工程基础》一书更结合安全工程专业教学实际，较好地体现了加强基础、面向前沿、突出思想、关注应用、方便阅读的原则，是安全工程专业学生在学习机械安全知识之前，学习掌握机械工程知识的一本好教材。我很高兴向广大安全工程专业的学子们推荐本教材。

预祝本教材在教学实践过程中不断完善、提高。

全国机械安全标准化技术委员会 (SAC/TC208) 委员
教育部高等学校安全工程学科教学指导委员会委员 (1996 ~ 2004 年)
安全工程专业教材编审委员会副主任委员

王新泉

2012 年 10 月

前 言

本书是为了适应正蓬勃发展的安全科学与工程学科及高等院校安全工程专业本科教学的需要，由安全工程专业教材编审委员会组织编写的。它是高等教育安全科学与工程类系列规划教材中“机械安全”类教材（包括《机械安全技术》、《工业特种设备安全》等）之一，是为安全工程专业学生学习机械安全相关课程提供机械工程基础知识的先修课程的教材。

安全工程本科专业要求学生掌握的机械设计和机械制造知识和其他非机械类专业差别不大。基于此，本书的主要内容包括机械设计、机械制造的基本知识。机械设计以介绍机械的工作原理、结构特点及应用场合为主，不以机械设计理论和计算方法为重点；机械制造以介绍工艺过程、加工方法及所用设备为主，不以工艺设计理论和质量保证为重点，以适应非机械类专业的教学特点和需要。

本书由浙江工业大学陈德生、曹志锡任主编，陈德生负责全书的统稿工作。编写人员及分工如下：第一、九、十章由陈德生编写；第二章由曹志锡编写；第三、四、五章由浙江工业大学潘浓芬编写；第六章由潘浓芬和哈尔滨理工大学马德仲共同编写；第七章由浙江工业大学楼飞燕编写；第八章由陈德生和马德仲共同编写。第十一章由浙江省安全生产科学研究院方云中编写；第十二章由浙江工业大学康泉胜编写。全书由江苏大学陈万金教授、王明贤副教授及中原工学院王新泉教授担任主审。

本书在计划、编写及出版过程中得到了安全工程领域专家、学者王新泉教授以及李振明两位先生的悉心指导和热情帮助，也得到了安全工程专业教材编审委员会、浙江工业大学教育科学与技术学院领导的大力支持，同时获得了浙江工业大学重点建设教材项目的资助，在此编者深表感谢。

由于编者水平所限，书中难免存在缺点和错误，恳请读者和学界同仁批评、指正。

编 者

目 录

序一		复习思考题	141
序二		第五章 轴系	143
前言		第一节 轴	143
第一章 概论	1	第二节 轴承	148
第一节 机械的组成	2	第三节 联轴器和离合器	155
第二节 机械设计与机械制造	4	第四节 制动器	159
第三节 课程的性质、目的和任务	5	复习思考题	160
第四节 课程学习方法	5	第六章 联接	162
复习思考题	6	第一节 螺纹联接	162
第二章 工程材料及钢的热处理	7	第二节 螺旋传动	167
第一节 金属材料的性能	7	第三节 其他联接	169
第二节 金属的晶体结构	13	复习思考题	171
第三节 铁碳合金	19	第七章 极限与配合	172
第四节 钢的热处理	27	第一节 概述	172
第五节 常用金属材料	39	第二节 极限与配合的基本术语与定义	173
第六节 非金属材料	62	第三节 极限与配合的国家标准	176
第七节 机械零部件的失效与材料的选用	67	第四节 几何公差	179
复习思考题	69	第五节 表面粗糙度	182
第三章 常用机构	71	复习思考题	185
第一节 平面机构及自由度	71	第八章 液压传动	187
第二节 平面连杆机构	77	第一节 液压传动的基础知识	187
第三节 凸轮机构	87	第二节 液压传动的元件	191
第四节 间歇运动机构	91	第三节 液压传动基本回路及简单液压系统	202
复习思考题	94	复习思考题	206
第四章 机械传动	97	第九章 毛坯制造	207
第一节 带传动	97	第一节 铸造	207
第二节 链传动	108	第二节 锻压	221
第三节 齿轮传动	115	第三节 焊接	239
第四节 蜗杆传动	128	复习思考题	255
第五节 轮系及减速器	131		

第十章 金属切削加工	256
第一节 金属切削原理.....	256
第二节 金属切削机床.....	271
第三节 车削加工.....	275
第四节 铣削、刨削和拉削 加工.....	280
第五节 钻削和镗削加工.....	291
第六节 磨削加工.....	300
复习思考题.....	306
第十一章 机器设备寿命估算	308
第一节 概述.....	308
第二节 磨损寿命.....	308

第三节 疲劳寿命及疲劳强度.....	311
第四节 损伤零件寿命估算.....	316
复习思考题.....	318
第十二章 设备故障诊断技术	319
第一节 设备故障概述.....	319
第二节 设备故障诊断技术及其 实施过程.....	322
第三节 设备故障诊断的常用 方法.....	325
复习思考题.....	341
参考文献	342

第 1 章

第一章 概 论

人类通过长期的生产和生活实践创造和发明了各种机械,用以减轻人的体力劳动,提高生产效率,保证产品质量,完成各种复杂工作。早在古代,人类就知道利用杠杆、滚子和绞盘等简单机械从事建筑和运输工作。公元前三千年,人们已经开始使用简单的纺织机械。夏朝时,人们已经发明了马车。晋朝时,人们已经在连机碓和水碾上应用了凸轮原理。西汉时,人们已经在指南车和记里鼓车上应用了轮系。随着生产发展的需要,人们设计制造了汽车、采掘机、机床和洗衣机等各式各样的机械设备;它们在现代生产和生活中发挥着巨大作用。现今,机械已成为人类生产和生活中不可缺少的工具,同时也是社会生产力发展的重要标志。

机械在带来高效、快捷和便利的同时,也产生了一定的负效应,可能给人类带来一些伤害。这主要是指机械在制造、使用、维护、保养过程中可能发生的各种危险。这些危险,不仅造成机械本身的损坏,而且有可能给使用者带来人身伤害,对周围环境造成污染或生态破坏。

从机械的生命周期来看,机械的危害主要发生在机械制造和使用过程中。

1) 机械制造过程中的危害。机械及其零部件在制造过程中,涉及多种材料和物质,包括机械自身的各种材料、加工原材料、中间或最终产品、添加物、润滑剂、清洗剂以及与工作介质或环境介质反应的生成物及废弃物,如粉尘,有毒物,辐射、放射性或腐蚀性物质等,因此,机械制造过程中不但对制造者可能造成化学伤害,而且对周围的环境也可能造成污染。机械制造过程中的危害属于机械制造行业的安全生产问题,由于机械可以分为化工机械、农业机械、矿山机械和工程机械等,因此,会出现针对某些行业的机械安全问题,如化工机械安全、农业机械安全、矿山机械安全和工程机械安全等。但就机械制造的一般过程而言,任何行业机械的制造过程,尽管其工艺流程不同,但不外是铸造、锻造、金属切削、焊接以及热处理等工艺过程,如金属切削包括车、铣、磨、刨、镗等加工方法,其加工设备既有传统的车床、铣床、磨床、镗床等,也有现代的数控加工中心、激光加工设备、电火花加工设备等。在机械制造过程中除了需要使用金属材料、工程塑料等工程材料之外,还需要使用除锈剂、氧气、乙炔气体等多种危险化学品。所以,在机械制造过程中存在许多安全生产问题。

2) 机械使用过程中的危害。尽管各个行业使用的机械种类、特性各异,但一般来讲,机械在运输、装拆、调试和工作运行时,对使用者的人身伤害主要有卷入、碾压、挤压、剪切、撞击、缠绕、戳扎、刺伤、擦伤、跌落、飞出物打击和高压流体喷射等机械性危害,还有触电、噪声、高温和辐射等非机械性危害。这里还必须指出,由于机械的工作状况不同,其危险程度也存在很大的差别,如锅炉、压力容器、起重机械、电梯、客运索道等特种设备

的危险性就比普通机械大得多。

机械危害还包括对机械本身产生的危害，主要有机械性危害和化学性危害。前者为构成机械的实体在机械力的作用下产生的严重磨损、过大变形甚至断裂；后者主要是指机械实体在化学物质作用下产生的腐蚀。

第一节 机械的组成

一、机器和机构

机械是什么？机械是机器和机构的统称。

机器的种类很多，在日常生活和生产中，经常会用到许多机器，例如，洗衣机、发电机、内燃机、机床、汽车和起重机等。虽然各种机器的用途、性能和构造各不相同，但都具有以下三个共同特征。

1) 机器都是由多个实体组合而成的。如图 1-1 所示的单缸内燃机，它是由气缸体、活塞、连杆和曲轴等构件组合而成的。

2) 各构件之间具有确定的相对运动。如图 1-1 所示，单缸内燃机中活塞相对气缸体作往复运动，曲轴相对气缸体作相对转动。

3) 能进行能量转换（如内燃机把热能转换为机械能），或完成有效机械功（如起重机提升重物）。

凡同时具有上述三个特征的机械称为机器，仅具有上述前两个特征的机械称为机构。可见，机构是用以实现某种确定运动的构件组合体，而机器则是用来完成机械功或转化机械能的机构。然而，从基本组成、运动特性和受力状态等方面进行分析，机器和机构并没有区别，故一般常以机械作为机器和机构的统称。

由于机器的特征包含着机构的特征，所以机器不能没有机构。一部完整的机器可以由一种机构组成，也可以是多种机构的组合。不同的机器也可能包括相同的主体机构，如蒸汽机、内燃机和压力机等机器的主体机构都是曲柄滑块机构。

二、构件、零件和部件

组成机构且相互间作确定运动的各个实体称为构件。构件可以是单一的整体，也可以是几个元件的组合体。为了便于制造和安装，可以将一个或几个元件组成一个构件。组成构件的元件称为零件，如图 1-2 所示的内燃机连杆构件就是由连杆体 1、连杆盖 3、螺栓 2 和螺

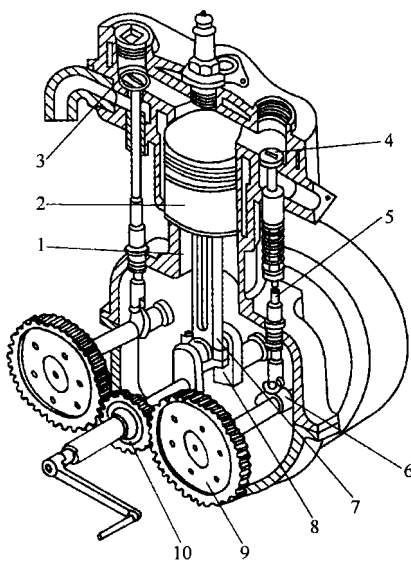


图 1-1 单缸四冲程内燃机

1—气缸体 2—活塞 3—进气阀 4—排气阀
5—推杆 6—凸轮 7—连杆 8—曲轴
9—大齿轮 10—小齿轮

母 4 等几个零件组成的。故构件是运动的基本单元，零件是制造的基本单元。

零件分两类：凡是各种机器中经常使用的零件称为通用零件，如带轮、齿轮、轴承和螺栓等；只有在特定机器中使用的零件称为专用零件，如内燃机中的活塞、曲轴和汽轮机中的叶片等。

为了独立制造、独立装配和运输及使用上的方便，常把机械中为完成同一功能的一组构件组合在一起形成一个协同工作的整体，如减速器、离合器和制动器等。这种为完成同一功能而在结构上组合在一起协同工作的构件总体，称为部件。

三、机器的组成

如图 1-3 所示的卷扬机中，电动机 1 通过联轴器 2、减速器 3、离合器 6，驱动卷筒 4 及钢丝绳滑轮组 7，带动吊钩及重物 8 以一定的速度作垂直的上下直线运动。离合器 6 用于传递或切断来自电动机的动力。当离合器合上时，电动机通过减速器带动卷筒正转以提升重物；当离合器脱开时，卷筒脱离电动机的动力而在重物重力的作用下反转，以提高重物的下降速度或空钩的下降速度。

从卷扬机的实例可知，任何一台完整的机器，通常都由动力部分、工作部分、传动部分和操纵控制部分组成。

1. 动力部分

动力部分又称为原动机，是驱动机器运动并提供动力的部分，如电动机、内燃机等。

2. 工作部分

工作部分又称执行部分，指的是直接从事工作、完成机器功能的执行机构和执行构件，是区分不同机器的特征部分。图 1-3 中的卷筒、钢丝绳和滑轮组构成卷扬机的执行机构，吊钩为执行构件。

3. 传动部分

它是将原动机的运动和动力传给工作部分的中间环节，如图 1-3 中的减速器。传动部分的主要功用为：

1) 传递动力。将原动机的动力和运动传递给执行部分，供执行部分完成预定任务所需的机械能（功率、转矩或力）。

2) 减速和增速。将原动机所输出的速度减小或增大（对应地，所输出的转矩必然增大或减小），以适应执行部分工作的需要。

3) 变速。当通过原动机变速不经济、不可能或不能满足要求时，常通过传动部分实现变速（有级或无级），以满足执行部分多种速度的要求。

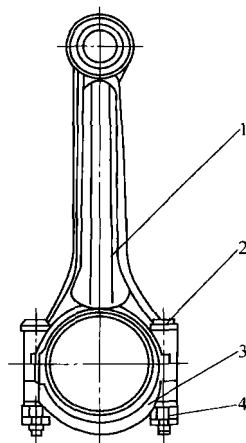


图 1-2 内燃机连杆构件的组成

1—连杆体 2—螺栓
3—连杆盖 4—螺母

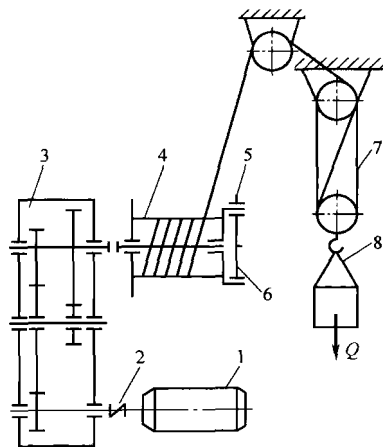


图 1-3 卷扬机传动示意图

1—电动机 2—联轴器 3—减速器
4—驱动卷筒 5—制动器 6—离合器
7—钢丝绳滑轮组 8—重物